

札幌の降雪特性と消雪・除雪についての2,3の考察

村木 義男* 竹内 政夫**

まえがき

冬でも夏と同じように雪のない道路、これはもはや理想ではなくて1日も早く実現させなければならない今日の課題である。

路面の雪を処理する方法としていくつかあるが、従来は主として機械による除雪が行なわれてきた。しかし最近交通の激増、生活の高度化にともない、路面の雪はできるだけスピーディに処理するという立場から、路面加熱による方法、いわゆるロードヒーティングの方法も実施されるようになり、また塩化カルシウムなど薬剤の散布による方法も試みられるようになった。さらにはまたスノーメルターと呼ばれる融雪機械も配置されようとしている。このように新しい方法が積極的に採用されていくことはまことによろこばしいことである。しかしながら、降る雪、積る雪の正体をよく知らなければ、真に合理的な消雪・除雪の計画も実施も行なわれない。

このようなことから、札幌の降雪について、消雪・除

雪の立場からその特性をしらべ、あわせて従来の消雪・除雪の方法について札幌の雪を対象とした場合の適用性を2,3考察してみた。その主な内容は、過去30年の統計からみた札幌の降雪特性、とくに降積雪のタイプと降雪強度、白い災害とさわがれた1966~1967年の降積雪の特徴、また塩化カルシウム散布の適用性、路面加熱法における所要熱量の求め方(気温-降雪量図法)などである。

1. 過去30年の統計からみた札幌の降積雪

a 1年に降る雪の量

1年間に降った雪の量が他の年に比べて多いか少ないかは、その年の最大積雪深を過去何年かの最大積雪深とくらべてみれば概略知ることができる。しかし、この最大積雪深は、一時的な降雪に大きく影響されることがあるので、より正確に表現するには、一般にある一定の積雪深以上の積雪のあった日数をもって比較する方法がとられる。札幌の場合このある積雪深として80cmが用いられている。図-1は、年間最大積雪深と積雪深が80cm

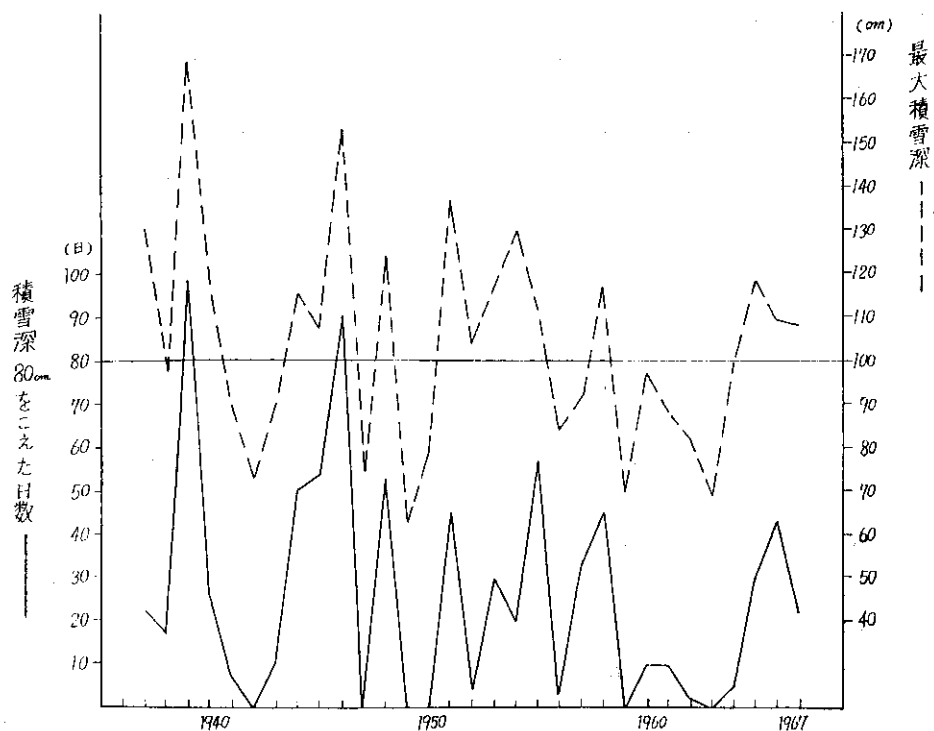


図-1 積雪の年変化

*応用化学研究室長 **同室応用物理班

を越えた日数について、過去30年間（1937～1967年札幌管区気象台観測）の変化の模様を示したものである。この図から、年間最大積雪深、積雪深が80cmを越えた積雪日数ともほとんど同じ傾向を示していることがわかる。またこの図から、年間の降積雪の量は年により大きく異なることと、全体として最近数年間はとくに雪が少なかったことが知られる。なおちなみに、過去30年の平均による札幌の年間最大積雪深は103cmである。

札幌では一般に10月末になると初雪をみる。その後い

く度か降ったり、融けたりを繰り返し、11月末になると降る雪の量が融ける雪の量を上まわるようになり積りはじめる。また2月末からは融ける雪の量が降る雪の量より多くなり雪は次第に消えて行く。雪が積りはじめてから消えるまでの期間、いわゆる根雪期間（または長期積雪）は、札幌では1952～1962年の統計によると、11月22日～3月28日である。また、降雪の初日は過去30年の統計によると10月30日である。

図-2は積雪深の年間を通しての変化の模様を過去の

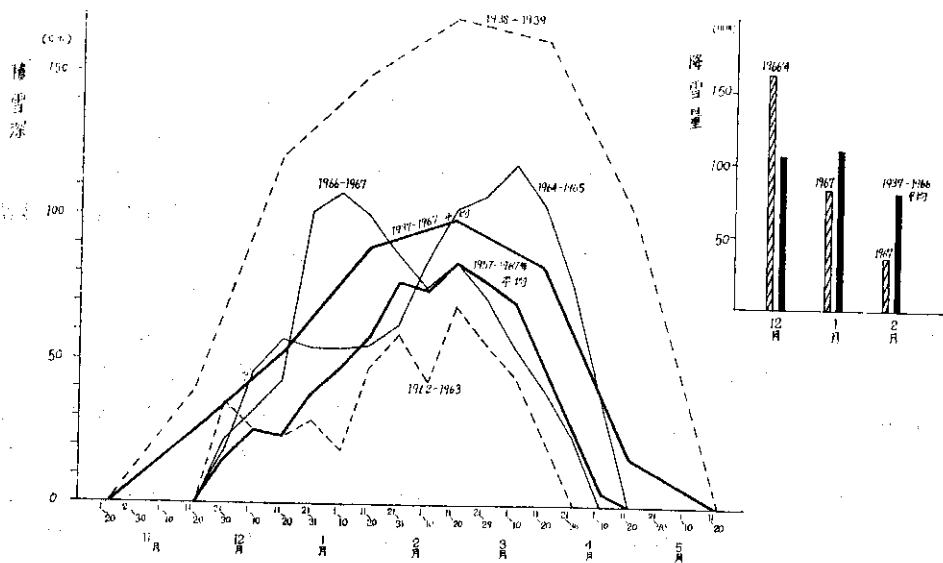


図-2 最大積雪深進行図

資料（札幌気象台観測）により示したものである。1937～1967年と1938～1939年は月ごとの最大積雪深で、それ以外は旬日ごとの最大積雪深で示してある。この図にある1937～1967年の30年平均の最大積雪深進行曲線を見ると、札幌では、統計的には2月までは積雪が増加し、それ以後は減少するものであることがわかる。しかし、1966～1967年のように、1月上旬に年間の最大積雪があり、それ以後は一方的に減少するタイプや、1964～1965年のように、12月、1月は降雪は少なく、3月上旬にいたって最大積雪を示すようなタイプもあり、積雪深の変化の模様は年によってかなり異なっている。前記の2例すなわち1966～1967年と1964～1965年はいずれも形の上で異常なものといえよう。また図中1938～1939年は札幌気象台が1889年に観測を開始して以来最大の降雪のあった年の記録であり、一方1962～1963年は過去30年間で最も雪の少なかった年の記録である。これらはいずれも量的に異常な場合である。1957～1967年は最近10年間の平均積雪深の進行図である。これと1937～1967年のそれとを比較することから、最近はずが少なかったことが理解される。

b 1日に降る雪の量

雪は1日に50cm以上も積る日もあれば、全然降らない日もあり、降雪量は日によってさまざまである。1937～1967年の30年の統計による札幌における12月、1月、2月の3ヶ月間の1日を単位とした降雪の量別頻度および量別合計降雪量は表-1および図-3に示すとおりである（以後本文においてはとくにことわらない限り降雪量は水換算量mmをもって表わす）。

この図から、12月～2月の3ヶ月間には降雪量5mm/日（積雪にして約10cm）以下の降雪の日および降雪のない日は合わせて約70日でその合計降雪量は73.4mmであることがわかる。この降雪量は全降雪量314mmに対しその約23.4%に相当するものである。

また、降雪量15mm/日（積雪にして約30cm）以上の降雪の日は年に4～5日でその日数は少ないが、降雪量合計は約103mmにも達し、これは全降雪量の33%に相当するものである。このように、大雪についてはその日数は少ないが、その合計降雪量の総降雪量に対し占める割合はかなり大きいものである。なおまた、過去30年（1937～1967年）平均の最大日降雪量は30mm、過去30年間における

表-1

日降雪量頻度 (日)	日降雪量 (mm)												
	0	0.1 ≤ < 5	5 ≤ < 10	10 ≤ < 15	15 ≤ < 20	20 ≤ < 25	25 ≤ < 30	30 ≤ < 35	35 ≤ < 40	40 ≤ < 45	45 ≤ < 50	50 <	
12	8.6	15.8	3.5	1.5	0.6	0.8	0.4	0.2	0.06		0.06		
1	8.4	13.9	4.8	2.0	0.9	0.5	0.2	0.1	0.13			0.03	
2	7.9	14.8	3.5	1.1	0.4	0.2	0.1	0.06	0.03			0.03	
計	24.9	44.5	11.8	4.6	1.9	1.0	0.7	0.36	0.22		0.06	0.06	
量別合計降雪量 (mm)	12	0	25.0	24.8	22.7	11.1	6.5	10.1	6.6	2.5	0	3.1	0
	1	0	22.6	32.1	22.4	16.5	10.1	6.4	3.3	4.9	0	0	1.7
	2	0	22.8	24.4	13.2	7.6	5.2	3.5	2.2	1.2	0	0	1.7
	計	0	70.4	81.3	58.3	34.2	21.8	20.0	12.1	8.6	0	3.1	3.4

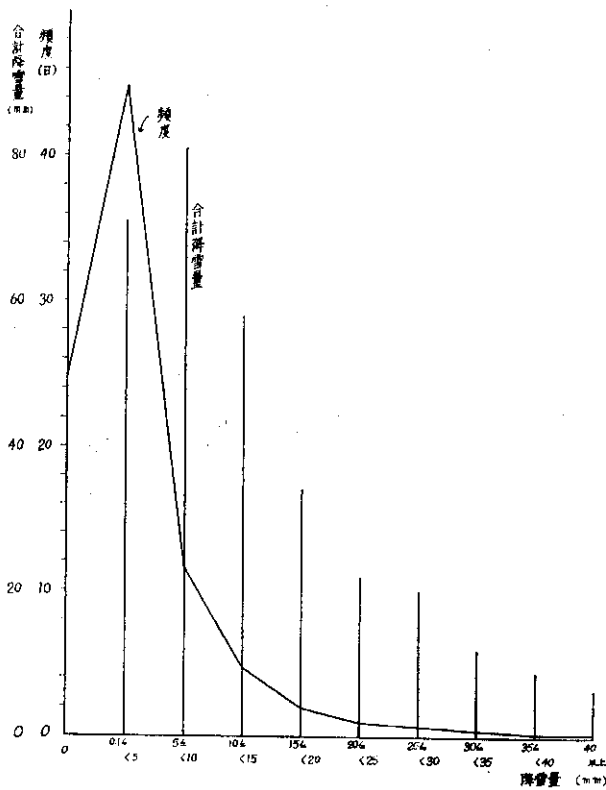


図-3 降雪量別日降雪量頻度と量別合計降雪量
(1937年~1966年 年平均)

最大の日降雪量は50.6mm (1939. 1. 19) である。

c 1時間に降る雪の量

降雪は同じ一連の降雪の間においてもその強さが時間的に、例えば図-4のように変化している。普通降雪強度は1時間当たりの降雪量で示されるが、この降雪強度なる量は消雪・除雪の問題を考えるのに大変重要である。1時間当たり0.1mmを越す降雪について、1941~1949年の9個年統計による降水量別頻度が表-2のように報告されている。

この表によると、12月~2月の3ヶ月間(時間にして2160時間)に462時間の降雪があり、このうち5mm/hourを越える降雪の時間は高々2時間、また3~5mm/hourの降雪は12時間でこれもそれほど多くなく、年間総降雪時間の97%までは3mm/hour以下の降雪によるものであることがわかる。

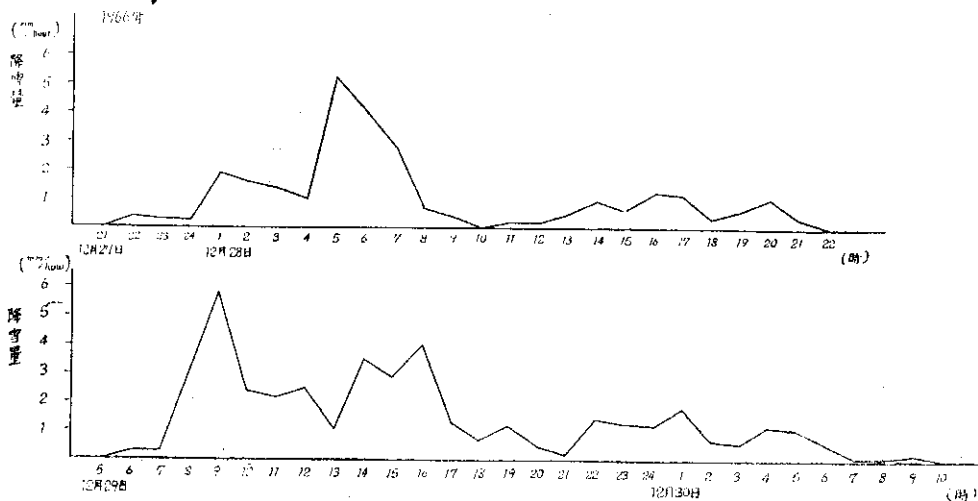


図-4 1966年12月27日~12月30日にかけての降雪強度の時間変化

表—2 1時間降雪量頻度(札幌管区气象台)
(統計期間1941~1949年)

時間区分	月			
	降雪量(mm)	12	1	2
早 期 (0~6h)	0.1~1.0	300	291	307
	1~3	62	98	43
	3~5	10	14	6
	5~10	1	4	
午 前 (6~12h)	0.1~1	235	299	228
	1~3	75	75	37
	3~5	24	9	7
	5~10	3	1	
午 後 (12~18h)	0.1~1	255	289	241
	1~3	76	66	28
	3~5	7	6	
	5~10	2	2	
夜 (18~0h)	0.1~1	302	257	289
	1~3	60	67	43
	3~5	13	9	3
	5~10	2	2	
全 日	0.1~1	1092	1136	1065
	1~3	273	321	151
	3~5	54	38	16
	5~10	8	9	

d 降雪と時間および降雪と気温

降雪現象の生じた時間、ならびに降雪中およびその前後の気温について統計的にしらべたものが札幌管区气象台岡林調査官によって報告されている。これを図-5に示した。この図からわかるように、降雪中はその前後に比して気温が高く、91例の平均では降雪中の気温は -3.8°C である。また、この図から降雪は日中には少なく、午前3時~9時の早朝に多いことが知られる。これらの特性は消雪・除雪の立場からみて非常に興味深いものがある。すなわち、消雪は降雪中に実施するのが効率よく、また除雪は人や車の出る前、つまり早朝に行なうと都合いいように自然にできているものようである。

2. 1966~1967年の札幌の降積雪

a 降雪の特徴

1966年の暮れから翌年1967年の正月にかけて降った大雪は、各種交通機関をマヒさせ、市民の足をうばい、白い災害とまで呼ばれて社会問題化した。しかしその後はさして大雪もなくむしろ雪どけは早かった。

1966~1967年は、はたして多雪の年であったのだろうかそれとも少雪の年であったのだろうか。これは消雪・除雪の立場からみても非常に関心のもたれることである。図-1を見るとこの年の最大積雪深は108cm、積雪深80cmを越える日数は22日で、いずれもとくに大きい数字ではない。したがって、通年降雪量はまず平年なみであったといえよう。このことをさらに図-2によってし

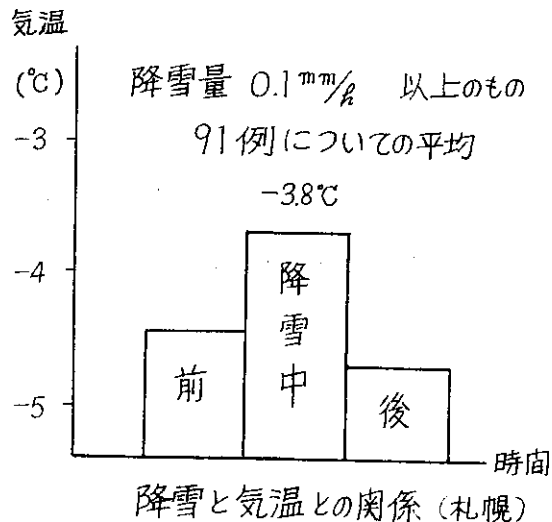
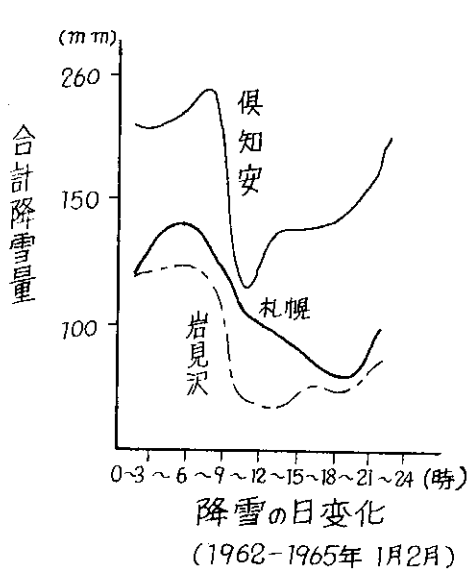


図-5

らべてみる。図-2をみると、1966~1967年は平年と違って12月下旬と1月上旬に積雪が異常に多く、2月、3月には平年より少ないことがわかる。しかしてこの1966~1967年の総降雪量は、1937~1967年の30年平均の年総

降雪量とはほぼ等しいものである(30年平均より約10cm多い)。

次に、この1966~1967年の降積雪の特性を別な角度からいさ少し詳細にしらべてみる。図-6には1日を単位

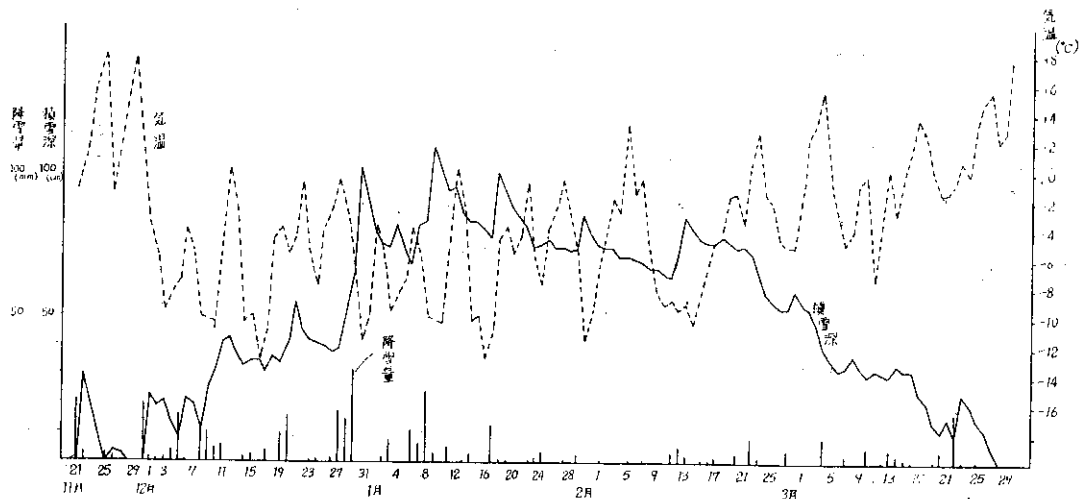


図-6 1966年～1967年の札幌の積雪・降雪量・平均気温進行図

にとつた積雪深、平均気温、降雪量の通年変化を示した。

この図から、12月暮れの大雪は12月27日から29日にかけての降雪であり、1月の大雪は1月7日から9日にかけての降雪であることが知られる。1月中旬以降については、1月17日に13mmの降雪があった以外はとくに目立つ降雪はなかったことが知られる。12月27日～29日の降雪は図-4からもわかるように、ほとんど休みなく降り続いた雪である。この一連の降雪による札幌の新雪積雪深は58cm、降水量にして65mmで12月のものとしては札幌気象台が観測開始（1889年）して以来の記録である。また12月30日における積雪深101cmは、12月のものとしては、1938年の120cm、1922年の118cmに次ぐ第3番目の記録である。

ちなみにこの降雪による交通災害は函館本線などで列車63本が運休したのをはじめとし、空のダイヤ、電車、バスなどすべての交通がほとんどマヒ状態になるというぐあいであった。1月7日～9日の雪は、途中7時間ほど止んだが、7日の朝5時から9日の正午まで降り続いたもので、その総降雪量は43mmにも達した。

交通の大混乱を引き起こし、白い災害とよばれ、人々をして異常なまでに大雪と思わせた1966～1967年の雪は、以上述べたように12月末と1月上旬の二度の降雪によるものである。すなわち、1966～1967年の降雪の特徴は、年間総降雪量は平年とそれほど変わらないが、それが12月の末から1月上旬に集中したこと、連続した一連の降雪量が前例をみないほど大きなものであったこと、いかにいえば年間の量はまず普通だったが降り方がいささか異常だったことであるといえよう。

b 1日に降る雪の量と1回に降る雪の量
消雪・除雪を考える場合、1日に降る雪の量もちろん

ん重要であるが、同時に1回に降る雪の量、いかえれば1降ごとの雪の量も重要である。そこで近年にない交通災害をもたらした1966～1967年の降雪について、1日を単位とした降雪量と降雪1回ごとを単位とした降雪量をしらべてみる。図-7は前記両者についてその量別頻度ならびに量別合計降雪量を示したものである。

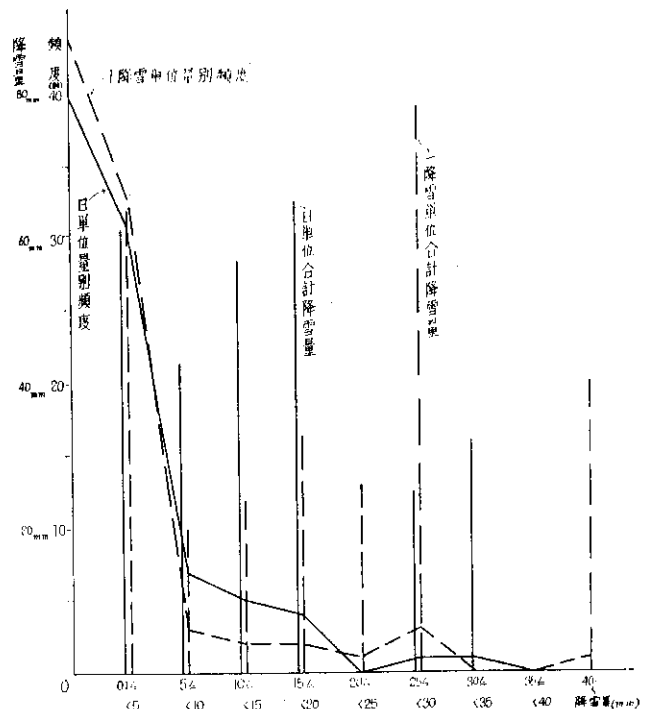


図-7 降雪量別頻度および量別合計降雪量
1966年12月～1967年2月

この図からわかるように、1降り15mm以上の大雪は7回あってその合計降雪量は174mm、その全降雪量(282mm)に対する割合は62%である。これを日降雪量15mm以上として扱くと頻度は6回、その合計降雪量は122mmで全降雪量(282mm)に対する割合は43%である。さきに

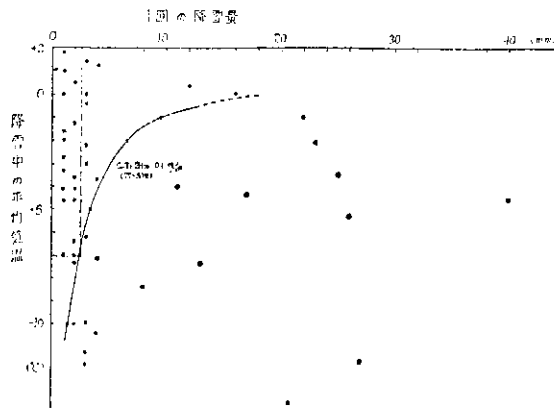


図-8 1回の降雪量と降雪中の平均気温

記した30年統計値と比較するとこれは頻度にして約1回、合計降雪量として約20mm (10%) 大きいものである。

なお参考までに、1966年12月23日から1967年3月22日までの一連の降雪についてその量および降雪中の平均気温を図-8に示した。

c 1時間に降った雪の量と降雪中の気温

1966年11月23日から1967年3月22日までに降った雪について、1時間ごとの降雪量と降雪中の気温を札幌管区気象台の観測資料によりしらべ、図-9(a)に示した。この図からわかるように、5mm/hour以上の降雪は7回である。この値は表-2に示した1941~1949年の統計値年当たり1.7回と比べかなり多いものである。また、3~

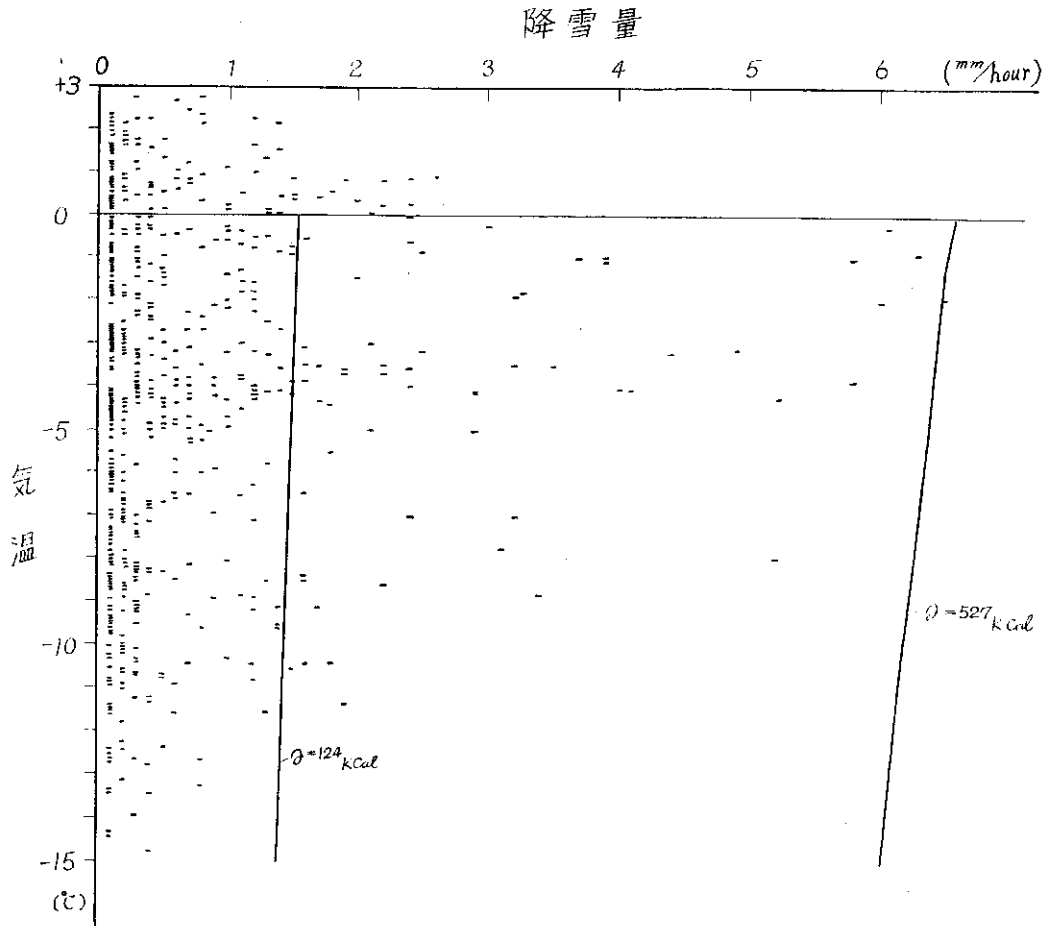


図-9(a) 気温—1時間降雪量

5mm/hourの降雪についても16回あり、これも表-2に示した統計値年12回よりかなり多いものである。以上のことから1966~1967年の降雪はかなり強いものであったことが知られる。しかしこの強い降雪も数時間続くことはほとんどなかった。

次にある時間で平均した1時間当たりの降雪量をしらべてみる。図-9(b)は3時間平均、図-9(c)は5時間平均、図-9(d)は10時間平均である。平均時間が大きくな

ると、1時間当たりの降雪量は小さくなり、0~2mmの範囲に次第に集中している。このことは強い降雪はそれほど長くは続かないことを示している。

図-9(a)~(d)で示した気温—降雪量図は実は消雪を考える場合非常に重要な意味をもつものとなる。詳しくは後で述べるが、薬剤散布法における散布量の見積り、路面加熱法における所要熱量および加熱時間の算定などにきわめて有効に役立つものである。

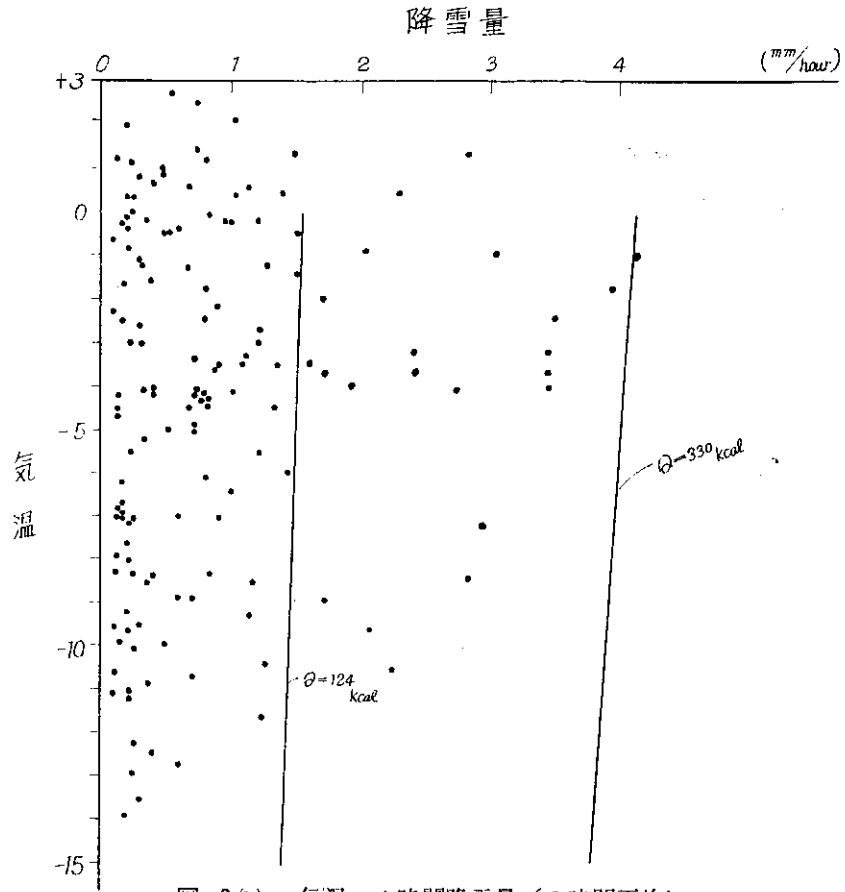


図-9(b) 気温—1時間降雪量 (3時間平均)

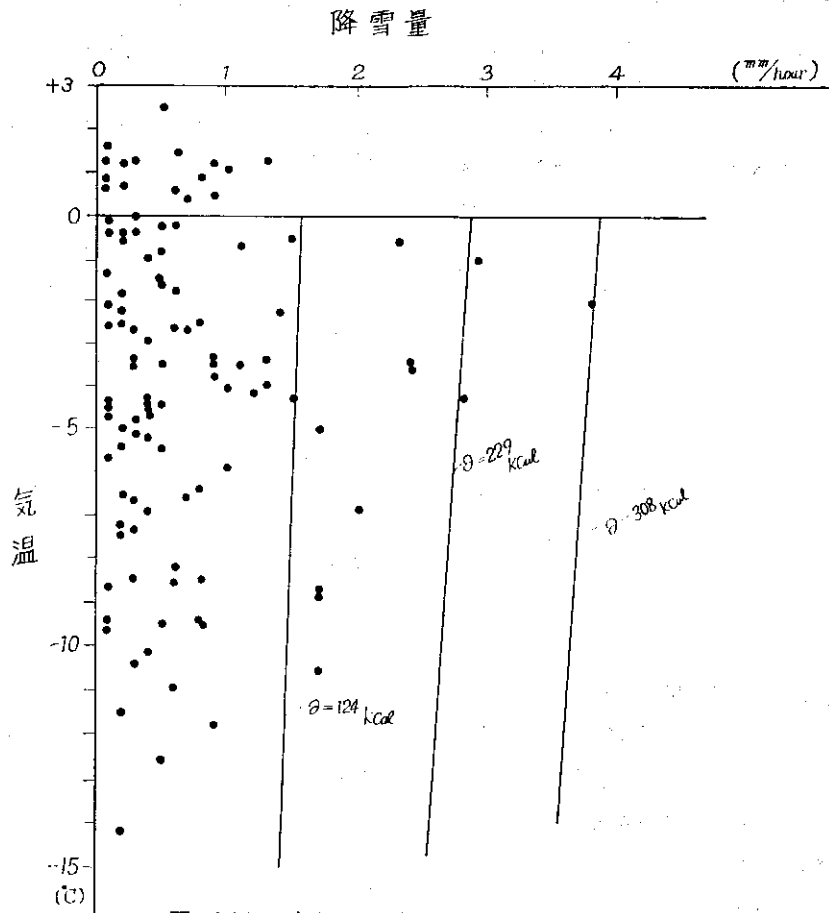


図-9(c) 気温—1時間降雪量 (5時間平均)

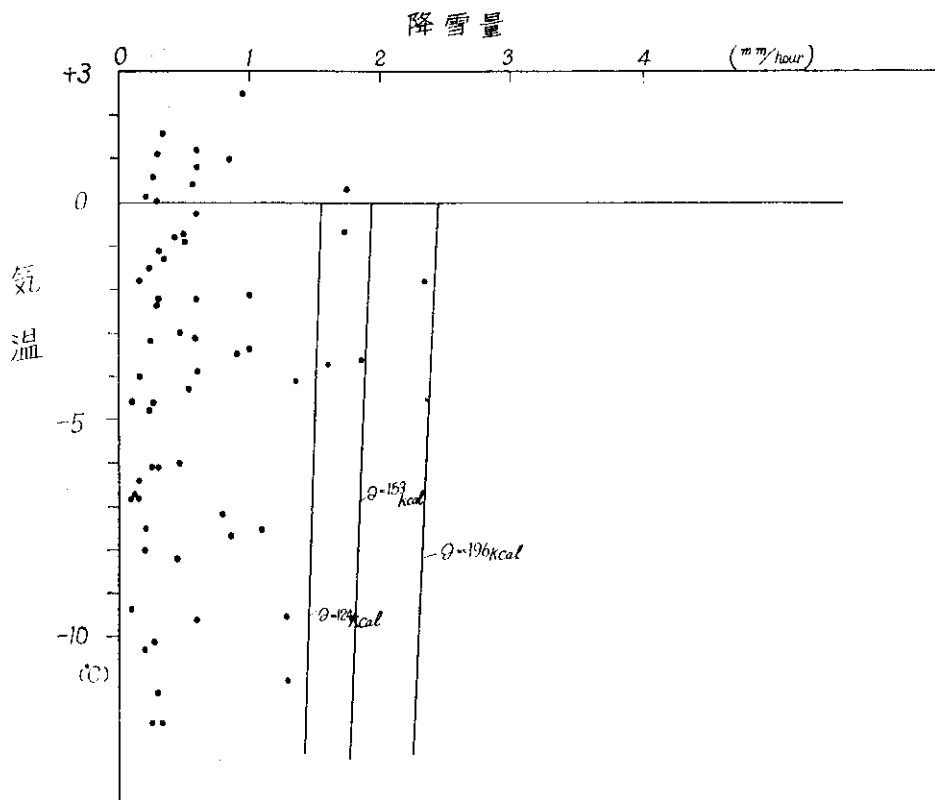


図-9(d) 気温—1時間降雪量 (10時間平均)

3. 札幌の降雪と消雪・除雪

路面の雪を処理する方法としては従来は主として除雪機械による機械除雪の方法がとられてきたが、最近では人工的に融かして処理するいわゆる人工消雪の方法も積極的に採用されるようになってきた。現在実用されている消雪法としては、化学薬剤散布による方法、加熱による方法、散水による方法などがあるが、それぞれその得失を異にするものである。ここでこれら各方法について、札幌の雪を対象とした場合の適用性、問題点など^{2, 3}考察することにする。

a 化学薬剤散布による消雪

現在、消雪に使用される薬剤としては NaCl , KCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 岩塩などの無機塩とグリコール、尿素などの有機物とがある。飛行場など特殊な場所は別としてほとんどの場合無機塩が使用されている。⁴⁾

T. R. Schneider は NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ などの無機塩について、これを消雪に用いた場合の必要量、反応時間を求めている。これは理論によるものであるが、気温、舗装体を考慮しており、実用にも供しうるものである。最近日本においても $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を主成分とする防錆剤入りの消雪剤が商品化され使用されてきている。

参考までに T. R. Schneider の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の所

要量を示す図を図-10(a), (b)に示した。図-10(a)は面積 1m^2 上に積った密度 0.1g/cm^3 の雪についてのものであり、図-10(b)は同じく面積 1m^2 上に積った密度 0.9g/cm^3 の氷についてのものである。

欧米ではこの無機塩類散布による消雪方法を大々的に採用しているところもある。札幌と気温、降雪量など気象条件の似ている例としてカナダのモントリオールをあげることができる。ここでは1963年においては総除雪費8,950,000ドルの約50% (散布量75,000トン)が無機塩散布による消雪に使われている。⁶⁾

モントリオールにおける無機塩散布の基準は、次のようなものである。気温 -7°C 以上、降雪深 5cm (1降り) (降水量にして約 2.5mm) 以下の新雪は無機塩散布のみによって処理し、降雪深 5cm を越える場合は気温のいかんにかかわらず機械除雪を開始し気温 -7°C 以下の場合には降雪深 5cm までは滑止砂と無機塩を混合し散布している。ちなみに札幌とモントリオールの気温、降雪量を比

表-3

地名		平均気温 ($^\circ\text{C}$)			降雪量 (mm)		
		12	1	2	12	1	2
札幌	札幌	-2.6	-5.5	-4.7	104	111	83
	モントリオール	-6.4	-9.6	-8.3	89	83	81
新潟	新潟	+4.7	+1.7	+1.8	264	194	126

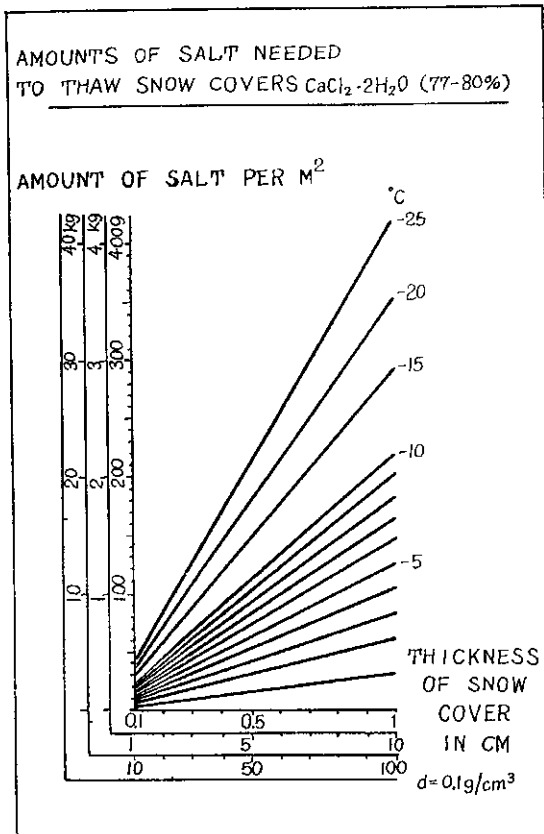


図-10(a)

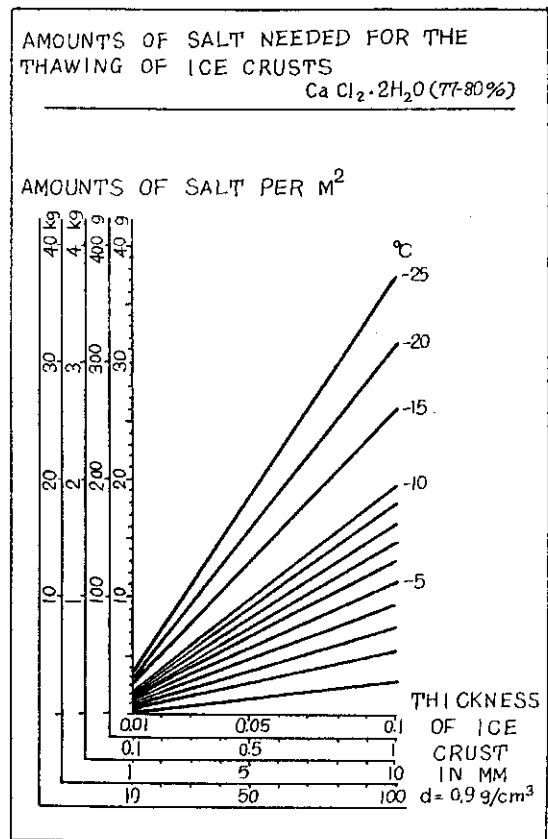


図-10(b)

較すると表-3のとおりで、札幌はモントリオールより降雪量は10~15%多いが気温は2~3℃高い、したがって無機塩散布の方法は札幌でもかなりの程度有効であることが期待される。

ここで参考までに上記モントリオールにおける無機塩の散布基準がそのまま札幌に適用された場合、札幌の降雪はどの程度までこの基準内にあるかを1966~1967年の雪についてしらべてみると、図-8における破線で囲まれた範囲になる。すなわち44回の降雪のうち無機塩で処理できるのは17回で降雪回数にして全体の38.6%である。したがって残り約60%は除雪機械によらなければならないことになる。

気温-7℃において降雪深5cmの降雪を処理するために必要な $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の量は、T. R. Schneider の図より求めると約0.4kg/m²である。この0.4kg/m²の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を用いることにより、1966~1967年の雪を対象にした場合、どれだけの降雪が理論的には処理できるかを参考までにしらべてみると、図-8における両座標と曲線にかこまれた範囲の雪が処理されることになる。これは札幌の44回の降雪中27回(61%)まで処理しうることになる(降雪量にして全降雪量の27%)。

NaCl や $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ などの無機塩を消雪に用いた場合、次のような問題をとまなう。すなわち、車その他金

属に対する錆の問題、人畜、農作物に対する影響の問題、道路路面をいためる問題などである。これらは毎冬繰り返えされるものだけに実施にあたっては十分考慮しなければならない重要な問題である。

b 路面加熱による消雪(気温-降雪量図による所要熱量の算定)

現在路面加熱の熱源としては、電熱(絶縁電熱線)、温水(温水パイプ)、放射熱(赤外線灯)などが用いられている。路面加熱法においては、実際には、日射、風、地熱、雪面からの熱輸送など多くの要素が関係し、与えられた熱エネルギーがそのまま消雪に費されることはないが、ここでは、熱効率のことは一切考えず、直接雪を融かすに費やされる熱量だけについて考えてみることにする。

1 m²の面積に降った雪を融かすに要する熱量は次式により示される。

$$Q = \{ 80 + c(0 - t) \} \times q \times 10^4$$

Q : 所要熱量 Cal
 80 : 氷の融解潜熱 Cal/g
 c : 氷の比熱 Cal/g°C
 t : 氷の温度 C

q : 降雪量

mm

札幌の降雪は表—2からもわかるように、その97%が1時間当たり3mm以下の降雪である。また、統計年数は異なるが、降雪時の平均気温は図—5に示したように -3.8°C ($\approx 4^{\circ}\text{C}$)である。上式により、気温 -3.8°C における降雪量3mmの雪を融かすに要する熱量を計算すると、 $246\text{Kcal}/\text{m}^2$ となる。したがって1時間当たり 246Kcal の熱を降雪中常時与えれば、札幌における年間降雪の約97%位まで消雪が期待される。図—4でみたように、降雪の強さは時間によってかなり変化するが、 $3\text{mm}/\text{hour}$ 以上の強さの降雪はごく少なく、しかもそれが数時間も続くという例はほとんどない。したがって、実際には $246\text{Kcal}/\text{m}^2\text{hour}$ を常時与える必要はないと考えてよい。また参考までに、1966~1967年の降雪において最大の1時間降雪量を示した降雪を融かすに必要な熱量を計算してみると、その降雪量は6.5mmでその時の気温は -1.9°C であるから、 $526\text{Kcal}/\text{m}^2$ となる。

以上は1時間以内にただちに融かすことを前提とした場合の熱量計算であるが、次にある程度長い時間をかけて消雪する場合について考えてみる。もちろん場所、目的によってはただちに処理することを余儀なくされる場合もあるが、一般にはある程度長い時間をかけて処理しても差支えないことが多いと考える。

図—9(b), (c), (d)は1966~1967年の降雪について、それぞれ3時間、5時間、10時間平均の1時間当たり降雪量とその時間内の平均気温を示したものである。これらの図から、3時間、5時間、10時間それぞれの時間内に消雪するのに必要な最大熱量を知ることができる。例えば、1966~1967年の降雪について、すべての降雪を5時間以内に融かすには図—9(c)に示してある等熱量曲線から知られるように最大 $308\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ の熱量が必要である。また同様に10時間で融かすには図—9(d)からわかるように最大 $200\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ の熱量が必要となる。

ここで、路面加熱法における設計気象条件と設計熱量について考えてみる。いま気温 -5°C 、1時間降雪量 1.5mm を対象にとると、この降雪を融かすに要する熱量は $124\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ である。降雪時常にこの $124\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ の熱量を与えれば、1966~1967年の降雪については、図—9(a), (b), (c), (d)において両座標軸と等熱量曲線($124\text{Kcal}/\text{hour}$)に囲まれた範囲の降雪がそれぞれの時間内に融けることになる。これは1966~1967年の全降雪時間の80~90%にあたるものである。気温 -5°C は札幌の降雪時の平均気温 -3.8°C を若干上まわる安全側の値である。以上のことから、札幌における路面加熱法に対する設計気象条件としては、気温 -5°C 、降雪水量 $1.5\text{mm}/\text{hour}$ ととってかなり妥当なところではないかと

考えるのである。設計熱量としては $120\sim 130\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ となる。

路面加熱法における設計熱量の筆者らによる求め方は一般的には次のようにいうことができる。すなわち、まず当該地の過去の観測データから図—9(a), (b), (c), (d)のような平均時間降雪量—平均気温の図をつくり、次にこれらの図に、消雪に必要な熱量を示す等所要熱量曲線を適当な熱量間隔で入れ、しかして年間降雪量の何%を消雪の対象とするか、消雪時間を何時間にとるかに応じてこれらの中の適当な図から所要熱量を求めようとするものである。

札幌の降雪は、上記した気温 -5°C 、降雪水量 $1.5\text{mm}/\text{hour}$ を設計基準にとると、そのほとんどは処理されることになるが、しかし大雪のときは消えずに残ることになる。ところで、この基準にとった熱量 $124\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ を与えた場合、1966~1967年の最も降雪強度の強かった時でどの程度の雪が融けずに残ることになるかを推算してみると、5時間後では約27cm、同じ降雪について10時間後には約18cmの積雪ができることになる(ただし、雪の密度を $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ とした)。これを5時間後に積雪10cmにおさえるには $229\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ (-5°C 、 $2.75\text{mm}/\text{hour}$ の消雪に要する熱量)、10時間後に10cmにおさえるには $153\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ (-5°C 、 2.36mm に相当)の熱量を与えることが必要である。

次に所要電力について若干ふれることにする。さきに記した基準すなわち気温 -5°C で $1.5\text{mm}/\text{hour}$ の降雪を消すに要する熱量 $124\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ を電力で得るとし、その電力量を求めてみる。埋設絶縁電熱ケーブルを用いた場合の熱効率は50~70%とされている⁶⁾。この効率を用いると発熱体の所要熱量は $248\sim 177\text{Kcal}/\text{hour}\cdot\text{m}^2$ となる。これを電力で表わすと $290\sim 223\text{W}/\text{m}^2$ である。ちなみに現在北海道で行なわれているロードヒーティングは $300\sim 250\text{W}/\text{m}^2$ で設計されている。

c 散水による消雪

地下水を路面にまき、これの保有する熱量を利用して路面の雪を融かす方法であるが、北陸地方ではこの方法により消雪に成功している。札幌においてもこの方法が利用できないかどうか非常に興味のもたれる問題である。

表—3は札幌と新潟の気温、降雪量の比較であるが、この表からわかるように、新潟は雪の量は札幌の2倍以上もあるが、平均気温は札幌よりかなり高く、しかも冬期においても月平均気温はプラスである。これに比べ、札幌は、月平均気温が12月、1月、2月いずれの月も氷点下数度でかなり低い。気温が氷点下であることは散水法の利用にあたって非常に不利な条件である。熱効率の悪いのはもちろんであるが、散水パイプ、路面残水の凍

結などが大きな問題になるように思われる。

現在のところ、札幌における深さ 100 m の地下水の水温は 10℃ 程度といわれているが、これは長岡で実用に供されている地下水の水温 13~15℃ にくらべてかなり低いものである。気象条件のきびしさから考えて、相当高温な地下水が豊富に得られなければ札幌での散水による消雪は実現困難なように思われる。

d 機械による除雪

最近薬剤散布による消雪法、路面加熱による消雪法が採用されはじめ、また今後大々的に実施に移されていくことと思われるが、しかし路面積雪処理の主体は当分機械除雪にあると見てよいであろう。ここで、札幌の降雪を対象とした場合の機械除雪について 2, 3 気付いたことを述べることにする。

前にも述べたように、降雪量、積雪進行型ともに年によってその違いが大きい。したがって単に永年の平均値のみを考えに入れて計画をたてることには問題がある。1966~1967年の場合、年間降雪量は平年なみであるが、降雪強度および積雪深進行型についてはかなり異常なものがあつた。このような異常なタイプの存在について十分な知識をもっていなかったことが、この冬交通災害をもたらした一因とも考えられる。このようなことから除雪計画にあたっては、過去における極端な例も十分考慮に入れておく必要があると考える。

日降雪量 15mm (積雪にして約 30cm) 以上の大雪は統計的には年 4~5 回である。その合計降雪量の全降雪量に対する割合は 33% である。同じことを 1966~1967 年の降雪についてみると、頻度は 6 回、全降雪量に対し占める割合は 43% である。いずれにしても大雪は、回数はそのほどでもないがその合計降雪量の年間総降雪量に対する割合は非常に大きいものである。したがって路面に雪を残さないようにすることは、いってみれば、この数回の雪をいかにすみやかに能率よく処理するかということにもなる。降った雪は、これが踏み固められない新雪のうち、いいかえれば高速で能率よく除雪できるうちに、

迅速に処理することが望まれる。

次に作業車の出動時についてであるが、図-5 に示してあるように、統計的には雪は夜中から早朝にかけて降ることが多いので、作業車は早朝に出動することが必然的に多いことをあらかじめ念頭に入れておくべきであろう。

む す び

路面の雪処理に関して、短時間にまったく新規な方法を見出すことは困難であろう。したがって、現在の段階では、現存する方法をいかにしてよりよく改善するか、これらの方法をいかに合理的に組み合わせ効果あらしめるか、また、気象条件、立地条件にマッチした計画をいかに立てるかが当面の課題のように思われる。このようなことからまず対象となる降積雪についてその特性を若干しらべるとともに消雪・除雪について 2, 3 の考察を行なったが、このような研究をすすめることによって消雪・除雪の方法も逐次改善されていくものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 気象協会; 雪の多い年の調べ、北海道の気象、第 7 巻 12 号 (1963, 12)
- 2) 気象協会; 北海道の気候、1964
- 3) 岡林俊雄; 西海岸の降雪について、北部管区気象研究会誌、39 年度
- 4) T. R. Schneider; Die Berechnung der zur Auflösung von Schnee- und Eiskrusten notwendigen Salzstremengen, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos, Interner Bericht Nr. 328, 1960.
- 5) J.-V. Arpin; Snow clearing in montreal, Snow Removal and Ice Control, Proceeding of a Conference held in Ottawa, 17-18 February, 1964
- 6) 原田薫, 大橋弥太郎; 北海道に於ける Road Heating について、雪氷 27 巻 3 号, 1965.
- 7) 落合敏郎; 日本の深層地下水温について、農業土木試験所技報 A 第 5 号